两种麦蚜取食诱导小麦抗性品种后对后来取食蚜生物学特性的影响

李 军[1]，**赵惠燕**[2,*]，Udo HEIMBACH[3]，Thomas THIEME[4]

（1. 广东省昆虫研究所，广东省野生动物保护与利用公共实验室，广州 510260；
2. 西北农林科技大学，陕西杨凌 712100；3. Federal Biological Research Centre for Agriculture and Forestry（BBA），
Messeweg11/12，Braunschweig D-38104，Germany；4. Bio-Test Labor GmbH Sagerheide，Birkenallee 19 D-18184 Sager-heide，Germany）

摘要：刺吸式昆虫在刺吸作物韧皮部取食后会影响作物的正常生长发育，随着作物抗性及昆虫种类的不同，作物反过来也会对昆虫造成或正或反的影响，然而一种刺吸式昆虫取食后对后来者有什么样的影响目前尚不确定。本研究通过严谨的实验方法，即选定3个不同国家的小麦抗性品种98-10-30、Amigo和Batis，在所有条件严格统一的人工智能控制温室内，通过各处理在同一植株上先后不同的接蚜方式，分别测定了麦二叉蚜 *Schizaphis graminum*（Rondani）和麦长管蚜 *Sitobion avenae* Fab. 在前期被蚜虫危害的抗虫品种98-10-30、Amigo和Batis上的发育历期、体重差及相对日均体重增长率（mean relative growth rate MRGR）等生物学参数。结果表明：品种不同，蚜虫在不同处理条件下取食作物时受到的影响也不同，即在品种98-10-30上，通过与前期不接虫的对照及前期接不同麦蚜的相关处理比较，麦长管蚜对后期取食的麦二叉蚜（MRGR = 0.0974 ± 0.0071）具有抑制作用，而麦二叉蚜对后期取食的麦长管蚜（MRGR = 0.1614 ± 0.0048）却有促进作用；在品种Amigo上，前期麦蚜的危害对麦长管蚜的取食具有促进作用，而在品种Batis上前期危害对麦二叉蚜的取食具有促进作用。同时明确了3个品种对两种蚜虫的抗性状况，即在前期无蚜虫危害时，品种98-10-30和Batis对两种麦蚜的抗性相当；在前期有麦蚜危害时，品种98-10-30对麦二叉蚜的抗性较好，而品种Batis对麦长管蚜的抗性较好；品种Amigo无论在任何处理下均对麦二叉蚜的抗性较好。

关键词：麦长管蚜；麦二叉蚜；诱导；抗性品种；发育历期；相对日均体重增长率

中图分类号：Q965 **文献标识码**：A **文章编号**：0454-6296(2007)02-0197-05

Effect of resistant wheat attacked by previous aphids on biological characteristics of subsequent aphids

LI Jun[1]，ZHAO Hui-Yan[2,*]，Udo HEIMBACH[3]，Thomas THIEME[4]（1. Guangdong Wild Animals Protection and Utilization Public Laboratory，Guangdong Entomological Institute，Guangzhou 510260，China；2. Northwest A&F University，Yangling，shaanxi 712100，China；3. Federal Biological Research Centre for Agriculture and Forestry（BBA），Messeweg 11/12，Braunschweig D-38104，Germany；4. Bio-Test Labor GmbH Sagerheide，Birkenallee 19 D-18184 Sager-heide，Germany）

Abstract：Accumulated evidence shows that penetration insect attack may induce changes in host plant quality，and this will affect the normal growth and development of crops. With the change of crops resistance and insect variety，in turn，crops will cause positive or negative impact on insects. However，few studies have investigated the consequences of induced plant response due to previous insect attack on phloem-feeding insects. Herein we address whether the feeding behaviour and growth of a phloem-feeding insect are affected by host plant changes with scientific research methods using three varieties resistant wheat 98-10-30，Amigo and Batis，which are from three different countries. We measured respectively the development duration（DD），weight difference（dW）and mean relative gowth rate（MRGR）of *Sitobion avenae* Fab. and *Schizaphis graminum*（Rondani）. The results showed that the aphids were either restrained or promoted when they fed on

---

基金项目：中德农业合作项目（2004/2005（03））；国家自然科学基金项目（39970112，30470268）；陕西省科委重点项目（2001SM01）

作者简介：李军，男，1976年生，甘肃陇西人，硕士，实习研究员，主要从事天敌新技术研究与应用及昆虫生态学研究，E-mail：longfeili2004@163.com

* **通讯作者** Author for correspondence，E-mail：zhaohy@public.xa.sn.cn

收稿日期 Received：2006-05-23；**接受日期** Accepted：2006-12-26

different treatment crops, compared with the control not fed by aphids and the corresponding treatment previously fed by different aphid species. *S. avenae* restrained the growth of *S. graminum* (MRGR = 0.0974 ± 0.0071) on 98-10-30, but *S. graminum* promoted the growth of *S. avenae* (MRGR = 0.1614 ± 0.0048) on 98-10-30. Penetrations of aphids promoted the growth of *S. avenae* on Amigo, while promoted growth of *S. graminum* on Batis. In addition this study suggested that the wheat variety 98-10-30 and Batis had the same resistance when no aphids fed on them. However, the variety 98-10-30 had better resistance for *S. graminum*, and the variety Batis had better resistance for *S. avenae* when they were fed by aphids. The variety Amigo had better resistance for *S. graminum* under all situations.

Key words: *Sitobion avenae*; *Schizaphis graminum*; induce; resistance variety; developmental duration; mean relative growth rate

以往的研究表明，咀嚼式口器昆虫的取食可诱使寄主植物的品质发生改变，这些变化可能影响昆虫的行为（Jongsma and Bolter，1997；Havill and Raffa，1999）或生物学特性（Karban and Baldwin，1997），其可能被减小（Agrawal，2000；Agrawal and Karban，2000）或增大（Underwood，1998；Karban and Kittelson，1999）。诱导植物反应后对咀嚼式口器昆虫不管在行为模式还是在生长上的影响（McAuslane and Alborn，2000；van Dam *et al*.，2000）都被频繁的研究过，然而，很少有研究说明诱导植物反应的结果对在韧皮部取食昆虫的影响（Dorschner *et al*.，1987；Formusoh *et al*.，1992）。

有研究报道前期害虫危害后对后续害虫有促进作用，也有研究证明前期害虫危害对后期害虫有抑制作用。这种前期危害可以是一种诱导植物产生抗性的反映，也可以是一种诱导植物减轻抗性的反映。这种诱导到底是促还是抑，本研究通过对刺吸式昆虫在不同处理抗性小麦品种上的生物学特性进行观察，以期通过不同接蚜方式，在单株小麦上接不同种蚜虫，通过对蚜虫发育历期（developmental duration，DD）、体重差（weight difference，dW）及相对日均体重增长率（mean relative growth rate，MRGR）（Adams and Emden，1972）的测定来研究是否前期蚜虫取食诱导寄主植物发生变化从而影响后期在韧皮部取食的昆虫的行为和生长，以探讨蚜虫对小麦的抗性反应、小麦对不同蚜虫以及不同接蚜方式危害后的生理补偿反应，为作物抗虫育种、抗性筛选及害虫综合治理提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 供试虫源

供试虫源麦长管蚜 *Sitobion avenae* Fab.和麦二叉蚜 *Schizaphis graminum*（Rondani）由联邦德国农林生物研究中心（BBA）人工智能控制温室内饲养（温度：白天20℃，夜晚18℃；光周期16L∶8D；相对湿度60%±5%）。

1.2 供试小麦品种

分别为98-10-30、Amigo和Batis 3个品种，Batis为德国育成的抗蚜小麦品种，Amigo为美国20世纪70年代育成的抗蚜品种，98-10-30为西北农林科技大学植保学院生态组近年来选育的抗蚜小麦材料。

1.3 蚜虫相对日均体重增长率（MRGR）测定

本试验是在联邦德国农林生物研究中心（BBA，Braunschweig，Germany）进行，分别经过两种孔目（4目，8目）的筛子筛选后取中间颗粒大小一致的小麦种子，再经过1‰的电子天平称量，最后选取重量在0.0556mg左右的Batis、0.0465左右的Amigo及0.0458左右的98-10-30小麦种子种在9 cm×9 cm×10 cm的塑料盆中。每个品种6个处理，1个对照；每个处理和对照各25个重复，即25盆，单株/盆，放入人工智能控制温室内生长，所有条件严格统一。生长条件为：土壤：沙∶腐殖质∶黑壤土＝1∶3∶3；温度：白天20 ℃，夜晚18℃；光周期16L∶8D；相对湿度：48%±5%；按需等量浇水。待小麦长至14日龄（2～3叶期）后，分别各取麦长管蚜和麦二叉蚜2～3龄若蚜单头单株接于各处理小麦上，接蚜方法为：3个品种的对照始终不接虫，处理1和处理4不接虫，处理2和处理3接麦二叉蚜，处理5和处理6接麦长管蚜，用直径4.5 cm，高24 cm，一端用40～70目的纱布蒙着的玻璃管罩住，继续放入室内人工智能控制温室，生长条件同前。等蚜虫在小麦上取食3天后，杀死所有接于小麦上的蚜虫，然后分别各取麦长管蚜和麦二叉蚜初产1龄若蚜（出生24 h内）称

重（$W1$）并纪录后单头单株接于各处理小麦上，接法为：处理 1、处理 2 和处理 6 接麦二叉蚜，处理 3、处理 4 和处理 5 接麦长管蚜，此后每日检查两次，待蚜虫变成虫后进行称重（$W2$）纪录，计算体重差（$dW = W2 - W1$），发育历期（为初产 1 龄若蚜至羽化时的天数）和相对日均体重增长率（$\mathrm{MRGR} = (\ln W2 - \ln W1)/DD$）（Adams and Emden，1972）。

2　结果与分析

2.1　在品种 98-10-30 上不同诱导方式对麦蚜生物学特性的影响

由表 1 可以看出有以下几个特点：1）当前期不接蚜虫时，3 天后接麦长管蚜和麦二叉蚜时两个处理的相对日均体重增长率差异不显著；2）前期接麦长管蚜诱导危害三天后被剔除，第 3 天接同种蚜虫时，与接异种蚜相比其 MRGR 较大，且两者差异显著，发育历期较小，而接同种蚜虫的 MRGR 与前期不接蚜后期接麦蚜的 MRGR 差异不显著；3）前期接麦二叉蚜诱导危害后接异种麦蚜的 MRGR 与接同种麦蚜相比较大，且两者差异显著；4）从表中还可以看出，在前期 3 种接虫方式下，品种 98-10-30 上麦长管蚜的体重差明显大于麦二叉蚜的体重差；且在麦长管蚜前不接蚜和接麦二叉蚜取食两种情况下，前期接麦二叉蚜取食后，麦长管蚜的体重差更加增大。

表 1　在小麦品种 98-10-30 上不同处理下麦长管蚜及麦二叉蚜的生物学参数

Table 1　Biological parameters of *Sitobion avenae* and *Schizaphis graminum* in different treatments on the wheat variety 98-10-30

处理 Treatment	供试虫口数（n） Total number of insect	处理样本数（n_0） Number of sample	发育历期（d） Developmental duration	体重差（g） Weight difference	相对日均体重增长率（%） Mean relative growth rate
T1（N-Sg）	25	19	8.0454 ± 0.4388 a	0.2785 ± 0.0286 a	0.1401 ± 0.0072 bc
T2（Sg-Sg）	25	23	8.4536 ± 0.4956 a	0.2421 ± 0.0230 a	0.1276 ± 0.0105 b
T6（Sa-Sg）	25	23	9.7052 ± 0.1243 b	0.1980 ± 0.0160 a	0.0980 ± 0.0071 a
T4（N-Sa）	25	23	8.3561 ± 0.1547 a	0.6512 ± 0.0441 b	0.1514 ± 0.0064 cd
T5（Sa-Sa）	25	23	8.7541 ± 0.1342 b	0.6753 ± 0.0263 bc	0.1550 ± 0.0051 cd
T3（Sg-Sa）	25	23	8.0452 ± 0.3514 a	0.7746 ± 0.0462 c	0.1617 ± 0.0048 d

注：表中数据为平均值 ± 标准误；N 表示不接蚜、Sa 表示长管蚜、Sg 表示麦二叉蚜、T3（Sg-Sa）表示处理 3 上开始接麦二叉蚜，三天后接麦长管蚜。其他依此类推，小写字母不同表示在不同处理之间差异显著（$P < 0.05$），下同。

Notes：The data in the table are mean ± *SE*. N represents no aphid feed，Sa represents *Sitobion avenae*，Sg represents *Schizaphis graminum*. T3（Sg-Sa） means at the beginning，put *S. graminum* to feed on crops，after three days，take away it and put *S. avenae* to feed on the same crops. The rest may be deduced by analogy. The different lowercase letters show that the mean difference is significant at $P < 0.05$ by Duncan's multiple range test. The same for the following tables.

2.2　在品种 Amigo 上不同诱导方式对麦蚜生物学特性的影响

由表 2 可以看出：1）当麦长管蚜取食前不接蚜、接麦二叉蚜或接同种蚜虫三种情况时，其 MRGR 值、发育历期及体重差均与三种不同方式下麦二叉蚜的生物学特征值差异显著；2）从表中还可以看出，在麦二叉蚜和麦长管蚜前不接蚜、接麦二叉蚜和接麦长管蚜三种情况下其发育历期、体重差和相对日均体重增长率差异不显著。

表 2　在小麦品种 Amigo 上不同处理下麦长管蚜及麦二叉蚜的生物学参数

Table 2　Biological parameters of *Sitobion avenae* and *Schizaphis graminum* in different treatments on the wheat variety Amigo

处理 Treatment	供试虫口数（n） Total number of insect	处理样本数（n_0） Number of sample	发育历期（d） Developmental duration	体重差（g） Weight difference	相对日均体重增长率（%） Mean relative growth rate
T1（N-Sg）	25	18	9.4936 ± 0.3512 a	0.1853 ± 0.0214 a	0.1117 ± 0.0090 a
T2（Sg-Sg）	25	19	9.2953 ± 0.2954 a	0.2012 ± 0.0195 a	0.1148 ± 0.0092 a
T6（Sa-Sg）	25	25	9.4015 ± 0.2512 a	0.2001 ± 0.0235 a	0.1105 ± 0.0086 a
T4（N-Sa）	25	21	8.3412 ± 0.3214 b	0.6653 ± 0.0512 b	0.1537 ± 0.0043 b
T5（Sa-Sa）	25	25	7.7521 ± 0.2012 b	0.7358 ± 0.0216 b	0.1647 ± 0.0053 b
T3（Sg-Sa）	25	16	7.8100 ± 0.0124 b	0.6385 ± 0.0324 b	0.1495 ± 0.0045 b

2.3　在品种 Batis 上不同诱导方式对麦蚜生物学特性的影响

对 Batis 来说，由表 3 可以看出：1）从表中可知，在前期不接虫的方式下，后期接麦长管蚜和麦二叉蚜的发育历期及相对日均体重增长率差异不显著；2）当前期麦蚜取食后接蚜虫取食时，麦长管蚜和麦二叉蚜的发育历期及相对日均体重增长率差异显著；3）在麦长管蚜前不接蚜、接麦长管蚜和接麦二

叉蚜三种情况下其发育历期、体重差和相对日均体重增长率差异不显著；4）对后期所接麦二叉蚜而言，前期接蚜与不接蚜两种情况下发育历期有所缩短、而相对日均体重增长率增加，且二者均差异显著。

表 3　在小麦品种 Batis 上不同处理下麦长管蚜及麦二叉蚜的生物学参数

Table 3　Biological parameters of *Sitobion avenae* and *Schizaphis graminum* in different treatments on the wheat variety Batis

处理 Treatment	供试虫口数（n） Total number of insect	处理样本数（n_0） Number of sample	发育历期（d） Development duration	体重差（g） Weight difference	相对日均体重增长率（%） Mean relative growth rate
T1（N-Sg）	25	23	7.5231 ± 0.4256 a	0.2656 ± 0.0274 a	0.1625 ± 0.1124 a
T2（Sg-Sg）	25	22	7.0349 ± 0.2403 b	0.3085 ± 0.0211 a	0.1806 ± 0.0071 b
T6（Sa-Sg）	25	22	6.8750 ± 0.2421 b	0.3281 ± 0.0219 a	0.1995 ± 0.0087 b
T4（N-Sa）	25	24	7.1852 ± 0.3021 a	0.7135 ± 0.0251 b	0.1651 ± 0.0141 a
T5（Sa-Sa）	25	24	7.5685 ± 0.1136 a	0.7516 ± 0.0241 b	0.1594 ± 0.0126 a
T3（Sg-Sa）	25	23	7.4725 ± 0.1358 a	0.7354 ± 0.0132 b	0.1626 ± 0.0152 a

3　结论与讨论

研究蚜虫在不同小麦品种上的抗性表现最详细的方法为生命表（赵惠燕等，1998），但实验条件要求较高，费时较长。发育历期、体重差和相对日均体重增长率是国外学者评价小麦抗性的一种简便易行的办法（Adams and Emden，1972；Cailaud *et al*.，1994；Thieme and Heimbach，1996）。MRGR 已经被默认为能更好用于反映昆虫营养质量的参数（Wellings *et al*.，1980）而在目前的研究中被用于 3 天或 4 天的试验动植物上（Gonzáles *et al*.，2002）。

我们的研究结果表明，前有蚜虫诱导（取食）后，蚜虫发育历期、体重差及相对日均体重增长率均有明显的变化，蚜虫间表现出不同程度的或促或抑的影响，例如在品种 98-10-30 上虽然在前期无虫危害时其对两种麦蚜的抗性相当，但当有麦蚜危害后，却表现了不同的促、抑作用。通过分析可知小麦品种 98-10-30 上麦长管蚜取食后对麦二叉蚜具有抑制作用，而麦二叉蚜的取食对麦长管蚜具有促进作用，故麦长管蚜对小麦品种 98-10-30 更加适宜；在品种 Amigo 上，从研究结果可知，在麦长管蚜取食前不接蚜、接麦二叉蚜或接同种蚜虫三种情况下其 MRGR、发育历期及体重差均与三种不同方式下麦二叉蚜的生物学特征值差异显著，故麦长管蚜较麦二叉蚜更适宜在品种 Amigo 上取食，换而言之，品种 Amigo 对麦二叉蚜更具有抗性；而麦二叉蚜前不接蚜、接麦二叉蚜和接麦长管蚜三种情况对麦二叉蚜在品种 Amigo 上取食的影响不明显；对后期所接麦长管蚜而言三种方式的影响亦不明显。品种 Batis 对两种麦蚜的抗性相当。但麦长管蚜的体重差却较麦二叉蚜大，可能由多种因素所致，比如对麦长管蚜而言，寄主植物的抗生性相对较弱，故在此蚜虫取食后的营养转化率较高等；当前期有麦蚜取食后，品种 Batis 对麦二叉蚜的适宜性相对麦长管蚜较好；同样当有麦蚜在此品种上取食后，对后期所取食麦二叉蚜有一定的刺激促进作用。

总体来说，3 个品种的抗蚜状况为，品种 98-10-30 和 Batis 在前期无麦蚜取食时对两种麦蚜的抗性相当；前期有麦蚜危害时，品种 98-10-30 对麦二叉蚜的抗性较好，而品种 Batis 对麦长管蚜的抗性较好；品种 Amigo 无论在任何处理下均对麦二叉蚜的抗性较好，这与胡想顺等人的研究结果基本吻合。

蚜虫发育历期、体重差及相对日均体重增长率是反映蚜虫是否适应寄主植物、正常生长发育的生物学参数，发育历期短、体重差大、相对日均体重增长率大，表示蚜虫在某种程度上对寄主植物有一定的适应性。如果蚜虫不适宜于在寄主植物上取食，或者有外界环境对蚜虫干扰，都会影响其相对日均体重增长率等生物学参数而发生变化。当昆虫取食植物时，植物对昆虫取食的反应涉及到植物自身的和与其自身相联系的环境条件的各个方面，如植物的外部物理形态特性（Cattaghan *et al*.，1986；Lovett and Lovett，1988），内部化学成分，形态变异，生态变异（通过改变自身积温，发育历期，发育关键期以逃避昆虫为害等一些可遗传性变异）（Morrow *et al*.，1978；周纪纶等，1992）次生代谢物积累（刘保川等，2002；陈巨莲等，2003），释放挥发性物质吸引自然天敌，利用自身代谢产物影响植食者体内共生菌等。同样，植物对昆虫的影响也涉及到了昆虫的各个方面，如对其内部形态，外部形态及各大系统的影响，对其生物学特性如发育历期（DD）、繁殖力及相对日均体重增长率（MRGR）等的影响，对其生态学特性如种群增长率、内禀增长力（Rm）、种群动态及分布型的影响等等。所以通过这些生物学特性或生态学特性的变化来判断昆虫是否正常生长发育，是否适宜于在其寄主植物上取食，即植物对此昆虫是否有抗性。

通过研究结果来看，两种生物学相近，刺吸式取食的麦蚜，经刺吸取食后作物可能会分别分泌不同的次生代谢物或在形态、生理上产生相应的抗性，从而对害虫本身造成有益或有害的影响。如果一种害虫的取食对作物本身有促进作用的话，作物自身会分泌有利于此害虫取食的次生代谢物、或在形态上、生理上都有利于此害虫进一步取食，反之亦然。另外还有适应性的原因也可造成一种害虫对另一种进行抑制，因为作物与害虫在取食与被取食的过程中协同进化，当一种害虫适应在一种作物上取食后，换作另一种害虫或作物时双方都会发生一个再适应的过程，同时作物也相应做出排斥反应。至于是哪些是有益的或有害的次生物质，有待于进一步研究。

为了进一步从更深层次探讨蚜虫的刺探行为及如何克服作物抗性等方面内容，在此基础上作者继续利用电子刺穿图谱（EPG）技术对上述处理进行了一系列的实验（将另文发表），从而为证实蚜虫取食行为及生长的变化打下了理论基础。

参考文献（References）

Adams JB，van Emden HF，1972. The biological properties of aphids and their host plant relationships. In：van Emden HF ed. Aphid Technology. Academic Press，London. 47–104.

Agrawal AA，2000. Specificity of induced resistance in wild radish：causes and consequences for two specialist and two generalist caterpillars. *Oikos*，89：493–500.

Agrawal AA，Karban R，2000. Specificity of constitutive and induced resistance：pigment glands influence mites and caterpillars on cotton plants. *Entomologia Experimentalis et Applicata*，96：39–49.

Cailaud CM，Dedryver CA，Simon JC，1994. Reproductive potential of the cereal aphid *Sitobion avenae* on resistant wheat lines（*Triticum monococcum* line）. *Annals of Applied Biology*，125：219–232.

Cattaghan TV，Indley DK，Lovett DL，1986. Modular growth and function in the vascular cryptogam *Lycopodium annotinum*. *Proceedings of the Royal Society of London*，228：195–206.

Chen JL，Ni HX，Sun JR，2003. Effects of major secondary chemicals of wheat plants on enzyme activity in *Sitobion avenae*. *Acta Entomologica Sinica*，46(2)：144–149.［陈巨莲，倪汉祥，孙京瑞，2003. **小麦几种主要次生物质对麦长管蚜几种酶活力的影响. 昆虫学报**，46(2)：144–149］

Dorschner KW，Ryan JD，Johnson RC，Eikenbary RD，1987. Modification of host nitrogen levels by the greenbug（Homoptera：Aphididae）：its role in resistance of winter wheat to aphids. *Environmental Entomology*，16：1 007–1 011.

Formusoh ES，Wilde GE，Reese JC，1992. Reproduction and feeding behavior of greenbug biotype E（Homoptera，Aphididae）on wheat previously fed upon by aphids. *Journal of Economic Entomology*，85：789–793.

Gonzáles WL，Ramírez CC，Olea N，Niemeyer HM，2002. Host plant changes produced by the aphid *Sipha flava*：consequences for aphid feeding behaviour and growth. *Entomologia Experimentalis et Applicata*，103：107–113.

Havill NP，Raffa KF，1999. Effects of elicitation treatment and genotypic variation on induced resistance in *Populus*：impacts on gypsy moth（Lepidoptera：Lymantriidae）development and feeding behavior. *Oecologia*，120：295–303.

Jongsma MA，Bolter C，1997. The adaptation of insects to plant protease inhibitors. *Journal of Insect Physiology*，43：885–895.

Karban R，Baldwin IT，1997. Induced Responses to Herbivory. University of Chicago Press，Chicago. 86–105.

Karban R，Kittelson PM，1999. Effects of genetic structure of *Lupinus arboreus* and previous herbivory on *Platyprepia virginalis* caterpillars. *Oecologia*，120：268–273.

Lovett DT，Lovett DL，1988. Modular of production and reproduction in a diocions clonal shrub *Rhus tyhina*. *Ecology*，69：741–750.

Liu BC，2002. Isolation，purification and structural identification of dimboa and its resistance to English grain aphid，*Stiobion avenae*（F.）. *Chinese J. Appl. Environ. Biol.*，8(1)：71–74.［**刘保川，陈巨莲，倪汉祥，孙京瑞**，2002. **丁布的分离、纯化和结构鉴定及其对麦长管蚜生长、发育的影响. 应用与环境生物学报**，8(1)：71–74］

Morrow PA，Lamarch VC，1978. Tree ring evidence for chronic insect suppression of productivity in subalpine *Eucalyptus*. *Science*，201：1 244–1 246.

McAuslane HJ，Alborn HT，2000. Influence of previous herbivory on behaviour and development of *Spodoptera exigua* larvae on glanded and glandless cotton. *Entomologia Experimentalis et Applicata*，97：283–291.

Thieme T，Heimbach U，1996. Development and reproductive of cereal aphids（Homoptera：Aphididae）on winter wheat cultivals. *Wprs Bulletion*，19(3)：1–8.

Underwood NC，1998. The timing of induced resistance and induced susceptibility in the soybean-Mexican bean beetle system. *Oecologia*，114：376–381.

Wellings PW，Leather SR，Dixon AFG，1980. Seasonal variation in reproductive potential：A programmed feature of aphid life cycle. *Journal of Animal Ecology*，49：975–985.

van Dam NM，Hadwich K，Baldwin IT，2000. Induced responses in *Nicotiana attenuata* affect behavior and growth of the specialist herbivore *Manduca sexta*. *Oecologia*，122：371–379.

Zhao HY，Du LF，Zhang GS，1998. Advances in wheat anti-insect & disease gene orientation. *Acta Agric. Boreal.-Occident. Sin.*，6：68–72.［**赵惠燕，杜利锋，张改生**，1998. **小麦抗病虫基因定位研究进展. 西北农业学报**，6：68–72］

Zhou JL，Zheng SZ，Yang C，1992. Plant Population Ecology. Beijing：Higher Education Press. 152–186.［**周纪纶，郑师章，杨持**，1992. **植物种群生态学. 北京：高等教育出版社**. 152–186］

（责任编辑：袁德成）